

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-116125

(43)Date of publication of application : 02.05.1997

(51)Int.Cl.

H01L 27/12

H01L 21/02

(21)Application number : 08-208228

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(22)Date of filing : 07.08.1996

(72)Inventor : AGA KOJI

MITANI KIYOSHI

KATAYAMA MASAYASU

(30)Priority

Priority number : 07209451

Priority date : 17.08.1995

Priority country : JP

## (54) SOI WAFER AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a firmly bonded SOI wafer wherein no peeling is generated in the case of manufacturing the very thin SOI wafer and also in the course of creating a semiconductor device out of this SOI wafer.

SOLUTION: An SOI wafer obtained by a manufacturing method comprising a process for forming an oxide film on the mirror finished surface of a first silicon wafer of two silicon wafers with mirror finished surfaces, a process for forming a heavily doped layer on the mirror finished surface of a second wafer, a process for joining thereafter the two wafers in contact with each other, and a process for applying a heat treatment to the joined wafers to bond firmly to each other, wherein the joining process is performed after polishing the surface to be joined of this second wafer with the formed heavily doped layer.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.09.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2930194

[Date of registration]

21.05.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-116125

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/12			H 0 1 L 27/12	B
21/02			21/02	B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平8-208228	(71) 出願人	000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
(22) 出願日	平成8年(1996)8月7日	(72) 発明者	阿賀 浩司 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平7-209451	(72) 発明者	三谷 清 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
(32) 優先日	平7(1995)8月17日	(72) 発明者	片山 正健 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 山本 亮一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 S O I ウェーハ及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 極薄の S O I ウェーハの製造時において、またこの S O I ウェーハより半導体デバイスを作製する過程において、剥離を発生しない、強固に結合した S O I ウェーハを得る。

【解決手段】 2枚のシリコン鏡面ウェーハのうち、第一のシリコン鏡面ウェーハの表面に酸化膜を形成し、第二のシリコン鏡面ウェーハに不純物の高濃度層を形成した後、互いに接触させて接合し、これに加熱処理を施して強固に結合させてなる S O I ウェーハにおいて、不純物の高濃度層を形成した前記第二のウェーハの接合すべき表面を研磨後に、接合が行われていることを特徴とする S O I ウェーハ。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2枚のシリコン鏡面ウェーハのうち、第一のシリコン鏡面ウェーハの表面に酸化膜を形成し、第二のシリコン鏡面ウェーハに不純物の高濃度層を形成した後、互いに接触させて接合し、これに加熱処理を施して強固に結合させてなる S O I ウェーハにおいて、不純物の高濃度層を形成した前記第二のウェーハの接合すべき表面を研磨後に、接合が行われていることを特徴とする S O I ウェーハ。

【請求項 2】 2枚のシリコン鏡面ウェーハのうち、第一のシリコン鏡面ウェーハの表面に酸化膜を形成し、第二のシリコン鏡面ウェーハに不純物の高濃度層を形成した後、互いに接触させて接合し、これに加熱処理を施して強固に結合させてなる S O I ウェーハを製造する方法において、不純物の高濃度層を形成した前記第二のウェーハの接合すべき表面の研磨後に、接合を行うことを特徴とする S O I ウェーハの製造方法。

【請求項 3】 2枚のシリコン鏡面ウェーハのうち、第一のシリコン鏡面ウェーハの表面に酸化膜を形成し、第二のシリコン鏡面ウェーハに不純物の高濃度層を形成した後、互いに接触させて接合し、これに加熱処理を施して強固に結合させた後、前記第二のシリコン鏡面ウェーハ側を薄膜化して S O I ウェーハを製造するに際し、不純物の高濃度層を形成した前記第二のシリコン鏡面ウェーハの接合すべき表面の研磨後に接合を行い、これに加熱処理を行うことによって強固に結合させた後、前記第二のシリコン鏡面ウェーハ側を、不純物の高濃度層によるエッチストップ法により薄膜化させることを特徴とする S O I ウェーハの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体ウェーハの貼り合わせ技術に関するものであり、特に S O I (silicon on insulator) ウェーハ及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 鏡面研磨された 2枚のシリコンウェーハ、あるいは少なくとも、その一方にシリコン酸化膜を形成せしめたシリコンウェーハの鏡面同士を清浄な条件下で接触させると、接着剤等を用いなくとも、ウェーハ同士は接着する（以後、この状態を接合と称す）。しかしこの接合状態は完全なものではないので、その後、これらに熱処理を加えると、ウェーハ同士は強固に結合する（以後、この状態を結合と称す）。この後者の、少なくとも一方のウェーハに表面を酸化した 2枚のシリコンウェーハを、その酸化膜を介して結合させたものが S O I ウェーハである。このような S O I ウェーハは、ウェーハ間に接着剤等の異種物質を介在させる必要がないため、その後の高温処理や各種化学処理が自由にでき、また p n 接合や誘電体埋め込みも簡便にできるという利点

を有する。さらに平坦度、清浄度等の薄膜化技術の向上とあいまって、その実用化が注目されている。

【0003】 特に近年の半導体デバイスの高集積度化、高速度化により、S O I ウェーハの活性層は薄膜化の傾向にあり、例えば半導体素子を形成するための活性層を 0.1  $\mu\text{m}$  レベルとする S O I ウェーハが要求されるようになっている。このような極薄の S O I ウェーハを製造するには、従来の研削や研磨による機械的な加工による方法では不可能で、その仕上げ研磨方法としては、例えば不純物によるエッチストップ法 (K. Imai, Jpn. J. Appl. Phys., 30(1991)1154) や、ドライエッチング法 (特開平 5-335395 号公報参照) 等が挙げられる。

【0004】 ところで不純物によるエッチストップ法を図 3 で説明すると、まず、(A) 通常の厚さ 600~1000  $\mu\text{m}$  の支持体となる第一のシリコンウェーハ（以下、これをベースウェーハとする）の鏡面側に、厚さが 1  $\mu\text{m}$  以下の酸化膜を形成せしめ、一方、半導体素子形成の活性層となる厚さ 600~800  $\mu\text{m}$  の第二のシリコンウェーハ（以下これをボンドウェーハとする）の鏡面側には、B（ホウ素）不純物を熱拡散法やイオン注入法により導入し、厚さが約 0.5  $\mu\text{m}$  で濃度が  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  前後の不純物の高濃度層を形成させる。次に、(B) この前処理を施したそれぞれのウェーハの鏡面同士を室温の清浄な雰囲気下で重ね合わせて接合し、酸素雰囲気下において 700~1000℃ で約 1 時間、結合のための熱処理を行う。この熱処理によって不純物はボンドウェーハ中を拡散し、不純物高濃度層の厚さが増すと同時に、その濃度はいくぶん低下する。(C) この結合熱処理により得られた結合ウェーハ（S O I ウェーハの先駆体）の、ボンドウェーハ側について、その厚さが 5~10  $\mu\text{m}$  となるまで、機械的な研削や研磨によって除去し薄層化する。次に、(D) エッチング液としてエチレンジアミンピロカテコール水（エチレンジアミン 3400cc、ピロカテコール 600g、水 1600cc）により 100~110℃ の温度で処理すると、ボンドウェーハにおける不純物濃度の低い部分は速やかにエッチングが進行し除去されるが、不純物濃度が高くなるにつれエッチング速度は遅くなり、ある濃度以上になるとエッチングはストップする。この不純物によるエッチストップ法によりボンドウェーハ側を約 0.5  $\mu\text{m}$  厚さの不純物濃度層となるまで薄膜化させることができる。次に、(E) この状態でボンドウェーハ側を熱酸化すると、不純物はその表面で成長する酸化膜に取り込まれ、その条件を制御することによって、不純物濃度が  $1/10 \sim 1/20$  以下に低下し、その厚さが 0.1~0.2  $\mu\text{m}$  のシリコン薄層を、前記結合用の酸化膜と、前記表面に成長させた酸化膜の間に形成させることができ、(F) この表面酸化膜を希フッ酸で除去することにより極薄の S O I ウェーハが製造される、という方法である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしこのような極薄のSOIウェーハ製造方法においては、前記SOI層の薄層化のための機械的な研削や研磨の工程で、また、このSOIウェーハを使用して半導体デバイスを作製する工程において、結合が不十分で剥離を起こすという問題がある。例えば、2枚のウェーハを接合し、熱処理工程を経て結合ウェーハとなった段階で、ボンドウェーハを通常5～10μm程度にまで研削研磨する際にウェーハ間の剥離が生じるものである。特に、鏡面上に高濃度層を形成したボンドウェーハと、鏡面を酸化したベースウェーハとの結合によって得られた結合ウェーハの場合には、未結合部分（これをボイドという）が生じたり、結合強度が低下し、結合部分が剥離したりするという問題が往々にして起こった。

【0006】発明者がその原因を追跡した結果、通常の鏡面ウェーハ同士の接合の場合は、両面の接合面とも鏡面であり、その表面粗さは、例えばレーザー光散乱強度を基にしたヘイズレベルで評価すると、検出電圧700Vでほぼ10bit程度以下である。この鏡面の一方、または双方を熱酸化させて互いに接合し、結合熱処理を施し、SOIウェーハを製造する場合には、良好な結合体が得られる。しかし、前記BやSb（アンチモン）不純物の高濃度層を有するウェーハの表面は、熱拡散やイオンインプランテーションを施す際に面荒れを生じており、このような面荒れを持つウェーハを結合しても強固な結合が得られず、SOI層の薄膜化における研磨工程や、薄膜化後の半導体デバイス作製工程で、結合部分が剥離してしまうことがわかった。本発明はこのような問題点を鑑み、極薄のSOIウェーハの製造時において、またこのSOIウェーハより半導体デバイスを作製する過程において、剥離を発生しない、強固に結合したSOIウェーハを得ることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明は、2枚のシリコン鏡面ウェーハのうち、第一のシリコン鏡面ウェーハの表面に酸化膜を形成し、第二のシリコン鏡面ウェーハに不純物の高濃度層を形成した後、互いに接触させて接合し、これに加熱処理を施して強固に結合させてなるSOIウェーハにおいて、不純物の高濃度層を形成した前記第二のウェーハの接合すべき表面を研磨後に、接合が行われていることを特徴とするSOIウェーハを要旨とし、またその製造方法をも要旨とするものである。

【0008】以下にこれをさらに詳述する。本発明における、不純物によるエッチストップ法を用いる極薄のSOIウェーハの製造方法については、図3によって先に説明した通りであるので、その詳細は省略する。すなわち、本発明は図3における（A）及び（B）の工程、熱拡散やイオンインプランテーションにより、鏡面の表面に不純物の高濃度拡散層を形成したシリコンウェーハ

（ボンドウェーハ）と、鏡面に酸化膜をつけた支持基板としてのシリコンウェーハ（ベースウェーハ）との鏡面側同士を接合させるにあたり、前記の拡散処理を施したボンドウェーハの接合すべき表面を再度研磨し、然る後に、この接合されたウェーハに熱処理を施して強固な結合ウェーハ（SOIウェーハの先駆体）を得ることを特徴とするものである。次いで、（C）～（F）の工程順に従って、この結合ウェーハのボンドウェーハ側を、5～10μm厚まで研削研磨した後、この研削研磨面を不純物によるエッチストップ法によって前記拡散層を表出させる。さらに熱酸化処理を施すことによって、拡散層中の不純物濃度を薄めると同時に、SOI層の厚さを規定し、この薄膜化されたシリコン層の上に生じた酸化膜をHF処理により除去して、約0.2μm厚さか、それ以下のシリコン薄膜を有するSOIウェーハを得、これによって本発明は完結する。

【0009】前記不純物拡散処理を施したボンドウェーハ表面の面荒れについてであるが、図4はその面荒れを、AFM（Atomic Force Microscope:原子間力顕微鏡）によるRMS値（単位nm）で測定した値と、LS-6000（日立電子エンジニアリング社製測定器製品名）を使用し、レーザー光散乱強度によるヘイズレベル（単位bit）で測定した値とを比較したものである。その結果、RMS値とbit値は、大凡の相関関係を示し、例えばp型鏡面シリコンウェーハにB拡散をしたもののRMS値=0.3nmに対し、そのヘイズレベルは検出電圧700V（PV=700V）において約54bitの値である。したがって本発明における面荒れの表示は、その測定が簡便なヘイズレベルを示すbit値を採用した。なお、PW/p型は、導電型がp型の鏡面シリコンウェーハを、PW/n型は導電型がn型の鏡面シリコンウェーハを示し、PWのB拡散/p型、PWのB拡散/n型は、その各々についてB拡散を行ったものを指している。

【0010】また、前記拡散処理を施したボンドウェーハの接合表面の研磨は、公知の鏡面研磨方法によって行われる。すなわち、その代表的な研磨方法はメカノケミカル研磨法で、シリコンウェーハを鏡面化する場合通常、1次、2次、仕上げの3段階の研磨を行い、ウェーハ表面層の20μm前後が取り代として除去されているが、本発明の場合はその仕上げ研磨に相当する鏡面研磨条件で、その取り代も1μm以下で0.1～0.2μmのレベルであれば良い。あるいはこの鏡面研磨の代わりに、精密研削により同等の処理を行ってもよい。図5は、上記鏡面研磨法による研磨時間とヘイズレベルとの関係を見たもので、たまたまこの条件の場合は4分以上の研磨により20bit以下のヘイズレベルに到達していることがわかる。なお、鏡面研磨後の表面粗さは、鏡面シリコンウェーハと同様の20bit以下（図4によればAFM測定で0.15nm以下）が好ましいが、これに

限定されるものではなく、また鏡面研磨の取り代の厚さは、拡散層が薄くなり過ぎシート抵抗に影響しない程度に抑えることが必要である。

【0011】本発明により、不純物高濃度層の形成時に生じたシリコンウェーハの面荒れがあっても、拡散層のシート抵抗に影響を与えないようにして、その面荒れ表面を研磨することによって十分な結合強度を有するSOIウェーハを得ることができる。また、本発明は、ベースウェーハのみに酸化膜を有するものであるが、酸化膜を形成させるに際して、ボンドウェーハの不純物拡散層に10影響しない範囲において、酸化膜がボンドウェーハにあるか、または双方のウェーハにあってもよい。すなわち、B不純物拡散ボンドウェーハにおいて、酸化膜形成の温度が900℃以下であれば、本発明の適用が可能であることが確認されている。

【0012】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態について、実施例、比較例を挙げて説明する。

(実施例、及び比較例1、比較例2)ボンドウェーハとして直径125mm、厚さ625μmの鏡面研磨したn型シリコンウェーハを用意した。この鏡面ウェーハの表面粗さをLS-6000（前出測定器）を用い、検出電圧700Vで評価したところ、そのヘイズレベルは10bitであった。このシリコンウェーハは図1(b)の●印で示され、これを比較例1とした。同じくこのシリコンウェーハについて、その鏡面へPBF(Poly Boron Film 6M-10; 東京応化工業社製製品名)を塗布し、1050℃、40分間、N<sub>2</sub>雰囲気条件でこのBをウェーハに拡散させた後、ウェーハをNH<sub>4</sub>OH : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 80の洗浄液（以下SC-1と称す）で洗浄した。その後HF5%液、1分間浸漬によりこのウェーハのBSG(Boron Silicate Glass)を除去し、次いで800℃で5分間、パイロ酸化によりボロンシリサイド除去酸化を行った。さらにHF5%液、1分間浸漬で酸化膜を除去した後、ウェーハをSC-1で洗浄し、B拡散ウェーハを作製した。このウェーハの接合面である拡散面の表面粗さを、LS-6000（前出測定器）を用い、検出電圧700Vで測定したところ、67bitで、非常に粗かった。この状態のボンドウェーハは図1(b)の■印で示され、これを比較例2のボンドウェーハとした。このウェーハの拡散面のシート抵抗の面内分布を測定した結果、図2(a)に示すようになり、その平均シート抵抗ρ<sub>s</sub>は12.35Ω/□であった。

【0013】このウェーハの拡散面を、荷重150g/cm<sup>2</sup>、研磨速度0.02μm/分で5分間、鏡面研磨を施した（研磨の取り代は0.1μm）後、表面粗さを測定したところ、20bitであった。このボンドウェーハは図1(b)の×印で示され、これを実施例相当のボンドウェーハとした。また、このウェーハのシート抵抗の面内分布を再度測定した結果を図2(b)に示す。鏡面研

磨前と比べてほぼ同程度の面内分布及び平均シート抵抗ρ<sub>s</sub>を有することから、上述の鏡面研磨がウェーハへ与える影響は小さいことがわかる。なお、図2(a)、(b)中の+、-で示した領域は、それぞれシート抵抗が平均シート抵抗ρ<sub>s</sub>より大きい領域、小さい領域であることを示している。

【0014】（比較例3）ボンドウェーハのB拡散工程において、B拡散とボロンシリサイド除去酸化を一回の熱処理で行う以外は、比較例2と同一の条件でB拡散ウェーハを作製し、その表面粗さを測定したところ、40bitであった。これを比較例3のボンドウェーハとし、図1(b)の□印で示した。

【0015】直径125mm、厚さ625μmのp型シリコンウェーハを用意し、1100℃、30分の条件でパイロ酸化することによって0.5μm厚さの熱酸化膜を形成したベースウェーハを作製した。このベースウェーハと、前記の諸条件で作製した実施例、比較例1～3用のボンドウェーハについて結合熱処理の試験を行った。すなわち、このベースウェーハと上述の各種ボンドウェーハの鏡面側同士を室温にて重ね合わせて接合ウェーハとし、この接合ウェーハを酸素雰囲気下で700℃、800℃、900℃の温度により各60分の結合熱処理を行った。各結合熱処理後の結合ウェーハの結合強度を、ブレード法で測定した。ブレード法は、結合させた2枚のウェーハの間に刃を差し込み、2枚のウェーハが剥離した先端から刃の刃先までの距離により、結合強度を求める方法である（W.P.Maszara, J. Appl. Phys., 64 (1988)4943）。その結果を図1(a)に示す。

【0016】図1(a)において、●は比較例1としての、不純物未拡散の鏡面シリコンウェーハ、×は実施例、■は比較例2、□は比較例3の値である。図1(a)より、表面粗さが小さいほど、ウェーハの結合強度は向上したことがわかる。

【0017】

【発明の効果】本発明のSOIウェーハ及びその製造方法によれば、不純物拡散層を有するボンドウェーハと、ベースウェーハとの強固な結合が達成でき、不純物高濃度層のシート抵抗に影響を与えることがなく、SOI層の薄膜化における研削・研磨工程や、薄膜化後の半導体デバイス作製工程での、結合剥離を低減化することができる。これにより、不純物高濃度層を有するボンドウェーハと、酸化膜を有するベースウェーハとからなる結合ウェーハに対し、不純物によるエッチストップ法を適用して極薄のSOIウェーハの製造が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のウェーハ結合強度の、表面粗さ・結合熱処理温度依存性を示す図である。

(a)ウェーハ結合強度の、結合熱処理温度依存性を示す。

× …… 実施例

- ..... 比較例 1
- ..... 比較例 2
- ..... 比較例 3

(b) (a) の各ボンドウェーハの表面粗さを示す。

【図2】本発明の実施例の拡散面の、鏡面研磨前後での平均シート抵抗 $\rho_s$ 、標準偏差 $\sigma$ 及びその面内分布の変化を示す図で、(a)は鏡面研磨前、(b)は鏡面研磨後のものである。

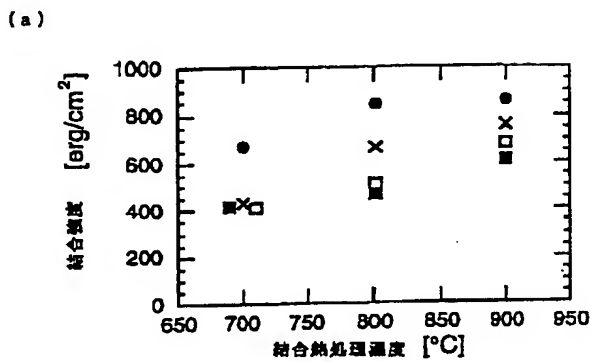
【図3】(A)～(F)は、高濃度層を有するボンドウ

エーハと、酸化膜を有するベースウェーハとからなる結合ウェーハについて、不純物によるエッチストップ法を応用した極薄のSOIウェーハの製造工程を説明する図である。

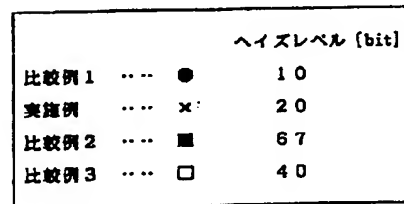
【図4】LS-6000とAFMとによる面粗さ測定値の比較を示す図である。

【図5】研磨時間によるヘイズレベルの変化を示す図である。

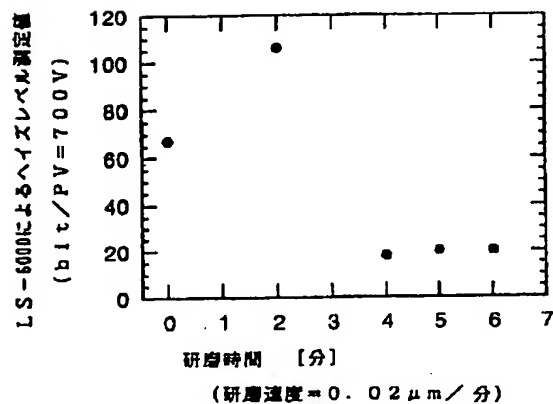
【図1】



(b)

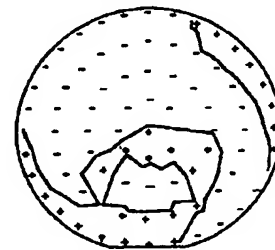


【図5】



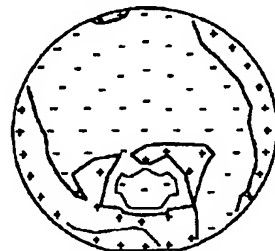
【図2】

(a)  
研磨前のシート抵抗の面内分布  
 $\rho_s$ : 12.35  $\Omega/\square$   
( $\sigma$ : 0.46%)

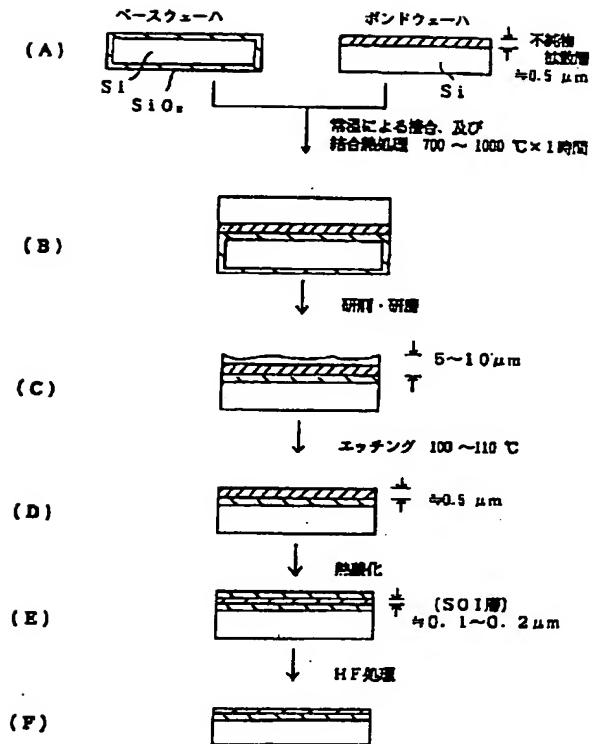


(b)

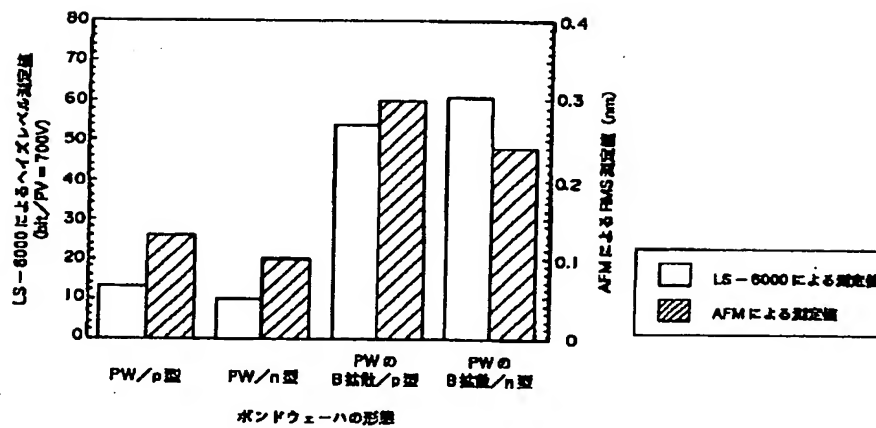
5分間研磨後のシート抵抗の面内分布  
 $\rho_s$ : 12.49  $\Omega/\square$   
( $\sigma$ : 0.52%)



【図3】



【図4】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**